

PAT-NO: JP411262816A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11262816 A  
TITLE: DEVICE FOR MACHINING BEVEL GEAR OR THE LIKE  
PUBN-DATE: September 28, 1999

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MORIYAMA, JUNICHI	N/A
SHIMAZU, MASAYUKI	N/A
IKETAKI, SHIGETAKA	N/A

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YUTAKA SEIMITSU KOGYO LTD	N/A

APPL-NO: JP10066989

APPL-DATE: March 17, 1998

INT-CL (IPC): B23F009/10, F16H001/14

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the frequency of cutting chip removing work in a spiral bevel gear cutting machine.

SOLUTION: A head stock 20 is fixed to a bed 10, and a workpiece is held by a spindle 18 supported perpendicularly extended. On the other hand, a spindle head 52 is provided so as to be able to relatively travel in the X, Y and Z axis directions and turn around the Z axis. In gear cutting, the spindle head 52 travels in the X, Y and Z directions with the pitch bus lines of a tool spindle 50 and the workpiece kept transverse to each other. Since there is no sliding section for making the head stock 20 travel, even when gear cutting is

performed to the workpiece supported on the spindle 18, the chips produced cannot drop on sliding sections. For this reason, it is not necessary to frequently perform chip removing work.

COPYRIGHT: (C) 1999, JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-262816

(43) 公開日 平成11年(1999)9月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 23 F 9/10  
F 16 H 1/14

識別記号

F I

B 23 F 9/10  
F 16 H 1/14

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-66989

(22) 出願日 平成10年(1998)3月17日

(71) 出願人 591092615

豊精密工業株式会社  
愛知県瀬戸市曉町3番地45

(72) 発明者 森山 順一

愛知県瀬戸市曉町3番地45 豊精密工業株  
式会社内

(72) 発明者 嶋津 政行

愛知県瀬戸市曉町3番地45 豊精密工業株  
式会社内

(72) 発明者 池端 重隆

愛知県瀬戸市曉町3番地45 豊精密工業株  
式会社内

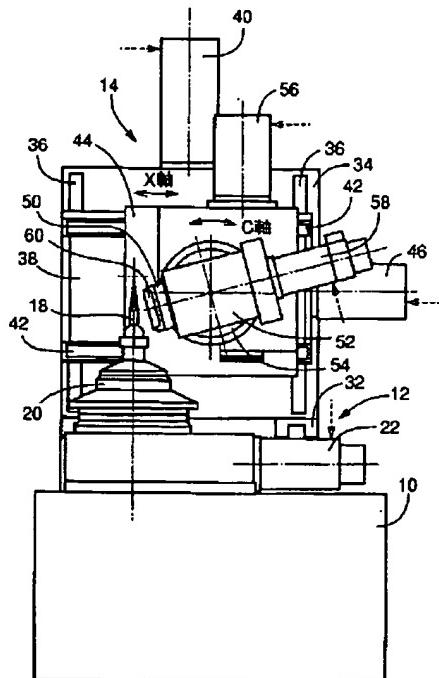
(74) 代理人 弁理士 神戸 典和 (外2名)

(54) 【発明の名称】 かさ歯車等加工装置

(57) 【要約】

【課題】まがり歯かさ歯車加工装置における切り屑除去作業の頻度を低減させる。

【解決手段】工作物主軸台20がベッド10に固定され、工作物主軸台20に、垂直方向に伸びた姿勢で支持された工作物主軸18に、工作物が保持される。それに對して、工具主軸頭52は、ベッド10に対し、X、Y、Z軸方向に相対移動可能、かつ、Z軸に対して旋回可能に設けられている。歯切加工時には、工具主軸50と工作物のピッチ母線とが直交する状態に保たれたまま、工具主軸頭52がX、Y、Z軸方向に移動させられる。工作物主軸台20を移動させるための摺動部がないため、工作物主軸18に支持された工作物に歯切加工が行われても、生じた切り屑等が摺動部に落下することがない。そのため、切り屑等を除去する作業を頻繁に行う必要がなくなる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】加工工具を保持し、その加工工具を軸線回りに回転させる工具主軸を備えた工具主軸頭と、工作物を保持し、その工作物を軸線回りに回転させる工作物主軸を備えた工作物主軸台とを含み、前記工具主軸に保持された加工工具と前記工作物主軸に保持された工作物との相対運動によって前記工作物に加工を施すかさ歯車等加工装置において、

前記工作物主軸台を、当該かさ歯車等加工装置のベッドに移動不能に設け、その工作物主軸台に、前記工作物主軸を水平より垂直に近い姿勢で支持させたことを特徴とするかさ歯車等加工装置。

【請求項2】当該かさ歯車等加工装置が、前記工具主軸頭を、前記加工工具と工作物とが接触する加工領域と、加工工具と工作物とが離間する退避領域との間で移動可能な割出用工具移動装置と、前記工具主軸頭を、前記加工領域において、歯切開始位置から歯切終了位置まで、加工工具と工作物との相対位置を予め定められた関係に保ちつつ移動可能な歯切用工具移動装置と、それら割出用工具移動装置と歯切用工具移動装置とを制御することにより、一歯形成後に、工具主軸頭を、前記加工領域から退避領域まで移動させた後、加工領域における歯切開始位置まで移動させる工具移動装置制御装置とを含むことを特徴とする請求項1に記載のかさ歯車等加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、かさ歯車等を加工するかさ歯車等加工装置の改良に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】上述のかさ歯車等は、かさ歯車とハイポイドギヤとを含む用語であり、まがり歯かさ歯車、ゼロールベルギヤ、クラウンギヤ、ハイポイドギヤ等が含まれる。かさ歯車等としてのまがり歯かさ歯車を加工するまがり歯かさ歯車加工装置の一例が、特許第2538333号公報に記載されている。この公報に記載された曲がり歯かさ歯車加工装置は、①加工工具を保持し、その加工工具を軸線回りに回転させる工具主軸を備えた工具主軸頭と、②工作物を保持し、その工作物を軸線回りに回転させる工作物主軸を備えた工作物主軸台と、③工作物主軸台を、工作物と加工工具とが接触する加工領域と、工作物と加工工具とが離間する退避領域とに水平方向に移動可能な割出用工作物移動装置と、④工具主軸頭を、加工領域において、歯切開始位置から歯切終了位置まで、加工工具と工作物との相対位置を予め定められた関係に保ちつつ移動可能な歯切用工具移動装置と、⑤それら割出用工作物移動装置と歯切用工具移動装置とを制御することにより、一歯形成後に、工作物主軸台を退避領域まで移動させた後、工具主軸頭を歯切開始位置まで移動させ、工作物主軸台を加工領域まで移動させる割出時移動制御手段とを含むものである。

2

【0003】このまがり歯かさ歯車加工装置において歯切加工が行われる場合には、まず、歯切加工の対象である工作物（例えば、ピニオン）と、そのピニオンと噛み合うギヤ（工作物）とに、それぞれ噛み合う一对の仮想歯車を想定する。そして、ピニオンの歯切加工を行う場合には、加工工具が、ピニオンに噛み合う仮想歯車の形状に基づいて移動させられ、ギヤの歯切加工を行う場合には、ギヤに噛み合う仮想歯車の形状に基づいて移動させられる。加工工具としては正面フライスが使用されるが、歯切加工中においては、正面フライスの軸線（工具主軸線）とピニオンのピッチ母線とが直交する状態に保たれる。加工領域においては、加工工具と工作物との相対位置が、工具主軸とピッチ母線とが直交する相対位置関係に保たれるのである。

【0004】この加工領域において、工具主軸が回転させられつつ工具主軸頭が歯切用工具移動装置によって歯切開始位置から歯切終了位置まで移動させられるとともに、その移動に同期して、工作物主軸がピニオンの歯数とギヤの歯数とに基づいて決まる角度だけ回転させられる。この工具主軸に支持された加工工具と工作物主軸に支持された工作物との相対運動により、工作物に1つの歯（実際には1つの歯みぞ）が形成される。一歯形成後に、工作物主軸台が、割出用工作物移動装置によって加工領域から退避領域まで移動させられる。その退避領域において、工作物主軸の回転により、工作物が次に歯切りが行われるべき位置まで回転させられ、工具主軸頭が歯切開始位置まで戻される。その後、工作物主軸台が加工領域まで移動させられ、加工領域において、加工工具と工作物とが再び上記の相対移動をさせられ、工作物に次の歯が形成される。

【0005】このように、従来のまがり歯かさ歯車加工装置においては、一歯づつ歯切加工が行われるのであるが、一歯形成毎に、工作物主軸台が割出用工作物移動装置によって加工領域と退避領域との間を移動させられる。この割出用工作物移動装置には、ベッド上に設けられ、工作物主軸台の水平方向の移動を案内するガイド等の摺動部が含まれるが、工作物主軸に支持された工作物に歯切加工が施されると、生じた切り屑や鉄粉等（以下、単に切り屑等と略称する）が摺動部に落下する。その落下した切り屑等により工作物主軸台の移動が妨げられるおそれがあるため、切り屑等を摺動部から除去する作業を頻繁に行う必要があり、面倒であるという問題があった。

【0006】まがり歯かさ歯車加工装置には、上述のように、一歯形成毎に、工作物主軸台が加工領域と退避領域との間を移動させられるタイプの他に、加工領域に保たれたまま、すべての歯が連続して形成されるタイプ（連続まがり歯かさ歯車加工装置と称する）もある。例えば、加工工具としてホブが使用される場合には、連続50 加工が可能となるのである。この連続まがり歯かさ歯車

加工装置においては、一歯形成毎に、工作物主軸台を移動させる必要はないが、段取り時に、加工工具と工作物との相対位置関係が予め定められた関係になるように、工作物主軸台が移動可能とされているのが普通である。工作物主軸台を、退避領域と加工領域との間で移動可能な段取用工作物移動装置が設けられるのであり、このタイプにおいても摺動部がベッド上に設けられる。そのため、割出用工作物移動装置により工作物主軸台が移動させられるタイプの場合ほどではないが、やはり摺動部上に落下した切り屑等を除去する作業を行う必要がある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題、解決手段、作用および効果】以上の事情を背景として、本発明の課題は、かさ歯車等加工装置における切り屑除去作業の頻度を低減させることである。上記課題は、かさ歯車等加工装置を下記各態様の構造のものとすることによって解決される。なお、各態様はそれぞれ項に分け、項番号を付し、必要に応じて他の項の番号を引用して請求項と同じ形式で記載する。各項に記載の特徴を組み合わせて採用することの可能性を明示するためである。

(1) 加工工具を保持し、その加工工具を軸線回りに回転させる工具主軸を備えた工具主軸頭と、工作物を保持し、その工作物を軸線回りに回転させる工作物主軸を備えた工作物主軸台とを含み、前記工具主軸に保持された加工工具と前記工作物主軸に保持された工作物との相対運動によって前記工作物に加工を施すかさ歯車等加工装置において、工作物主軸台を、当該かさ歯車等加工装置のベッドに移動不能に設け、その工作物主軸台に、工作物主軸を水平より垂直に近い姿勢で支持させたかさ歯車等加工装置(請求項1)。本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、工作物主軸台がベッドに固定され、かつ、その工作物主軸台に工作物主軸が水平より垂直に近い姿勢で支持されている。工作物主軸台がベッドに固定されるため、ベッド上に工作物主軸台の移動を案内するためのガイドレール等の摺動部を設ける必要がない。そのため、工作物主軸に保持された工作物の歯切加工によって生じた切り屑等が摺動部上に堆積することはなく、切り屑等を除去する作業を頻繁に行う必要がなくなる。本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、工作物主軸台がベッドに固定されているため、工作物と加工工具との相対移動は専ら工具主軸頭の移動によって行われ、工具主軸頭の周辺には、工具主軸頭の水平方向や垂直方向の移動を案内するための摺動部(工具側摺動部と称する)が設けられることになるが、工具側摺動部は工作物の下方に位置するわけではないため、歯切加工において生じた切り屑等が堆積することは殆どないのである。ここで、移動には、直線移動と曲線移動とが含まれ、曲線移動には旋回が含まれる。工作物主軸は、工作物主軸台に、水平より垂直に近い姿勢で支持されるが、工作物主軸の姿勢は変更可能とされても変更不能とされてもよ

い。変更不能な場合には、垂直方向に延びた姿勢とされても、垂直線に対して傾斜した方向に延びた姿勢とされてもよい。工作物主軸の垂直線に対する傾斜方向が変更可能とされれば、工具主軸頭を水平線に対する傾斜方向を変更可能とする必要がなくなり、工具主軸頭の必要な運動の種類を減らすことができる。前述のように、本項に記載のかさ歯車等加工装置において、まがり歯かさ歯車の歯切加工が行われる場合には、加工領域において、加工工具と工作物との相対位置を、工具主軸と工作物のピッチ母線とが直交する状態に保つ必要があるため、工作物主軸と工具主軸との少なくとも一方を垂直線または水平線に対する傾斜方向を変更可能に設ける必要がある。したがって、工作物主軸の垂直線に対する傾斜方向を変更可能とすれば、工具主軸の水平線に対する傾斜方向を変更可能とする必要はないのである。なお、工作物主軸の垂直線に対する傾斜方向を変更する工作物主軸傾斜方向変更装置については(2)項に関連して説明し、工具主軸の水平線に対する傾斜方向を変更する工具主軸傾斜方向変更装置については(3)項に関連して説明する。

20 (2) 前記工作物主軸台の本体にそれぞれ円周に沿って設けられ、垂直面よりは水平面に近い第一案内面とこの第一案内面と交差する第二案内面とを有する案内部と、前記工作物主軸を回転可能に保持する工作物主軸保持部材と、その工作物主軸保持部材に、前記工作物主軸の軸線と直交する平面に対して傾斜して設けられ、前記第一案内面全体を覆うとともにその第一案内面上を摺動する第一摺動面と、前記第二案内面上を摺動する第二摺動面とを有する被案内部とを備え、案内部による被案内部の案内によって、前記工作物主軸保持部材を工作物主軸台に對して回転させ、前記工作物主軸の垂直線に対する傾斜方向を変更する工作物主軸傾斜方向変更装置を含む  
 (1) 項に記載のかさ歯車等加工装置。本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、工作物主軸台の本体に工作物主軸保持部材が相対回転可能に嵌合される。嵌合された状態においては、被案内部が案内部に係合させられる。すなわち、第一摺動面が第一案内面に係合せられ、第二摺動面が第二案内面に係合せられるのである。第一摺動面が工作物主軸の軸線と直交する平面に対して傾斜した面であるため、その第一摺動面が第一案内面上を摺動させられれば、すなわち、工作物主軸保持部材が工作物主軸台に対して相対回転させられれば、工作物主軸の垂直線に対する傾斜方向が変更される。そして、工作物主軸の垂直線に対する傾斜方向が変更されれば、その工作物主軸に保持されている工作物のピッチ母線のうち加工工具に正対するものの垂直線に対する傾斜角度が変更される。第一摺動面の、工作物主軸の軸線と直交する平面に対する傾斜角度が大きいほど加工工具に正対するピッチ母線の傾斜角度の変更可能量が大きくなる。第一案内面は工作物主軸の傾斜方向の変更を案内する傾斜方向変更案内面と称することができる。また、第

二案内面は第一案内面と交差する面であるため、第二案内面と第二摺動面との係合によって、工作物主軸保持部材の第一案内面に平行な方向の移動（すべり）が阻止される。第二案内面と第一案内面との成す角度は90°。近傍にすることが望ましい。第二案内面は工作物主軸保持部材の第一案内面に平行な方向の移動を阻止する平行方向移動阻止面と称することができる。第二案内面が、例えば、工作物主軸台の本体の上端部に形成された円筒状外周面である場合には、第二摺動面を工具主軸保持部材の基礎部に設けた円形穴の内周面とすることができ、第二案内面が工作物主軸台の本体の上端部に形成された円形穴の内周面である場合には、第二摺動面を工作物主軸保持部材の基礎部に形成した円筒状外周面とすることができる。また、第一案内面と第一摺動面とのいずれか一方に円形の嵌合突部を設ける一方、いずれか他方にその嵌合突部と相対回転可能に嵌合する嵌合凹部を設けることができる。その場合には、嵌合突部の外周面と嵌合凹部の内周面とのうちの一方が第二案内面となり、他方が第二摺動面となる。第一摺動面は、第一案内面全体を覆い得る形状および大きさを有するものである。そのため、工作物主軸保持部材が工作物主軸台のハウジングに嵌合された状態においては、第一案内面全体が覆われることになり、工作物主軸保持部材が工作物主軸台に対して相対回転させられても、この状態は保たれる。したがって、工作物主軸の傾斜方向が変更されても、これら第一摺動面および第一案内面に切り屑等が付着するおそれがなく、切り屑等の除去作業を頻繁に行う必要はない。なお、工作物主軸傾斜方向変更装置は、ピッチ母線傾斜角度変更装置と称することもできる。

(3) 前記ベッドから立ち上がったコラム上に設けられたほぼ垂直な面に沿って旋回する旋回台と、その旋回台に設けられ、前記工具主軸頭を前記工具主軸の軸線が前記ほぼ垂直な面と平行な姿勢で保持する主軸頭保持部とを含み、旋回台を旋回させることによって工具主軸の水平線に対する傾斜角度を変更する工具主軸傾斜角度変更装置を含む(1)項または(2)項に記載のかさ歯車等加工装置。本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、旋回台の旋回により、工具主軸の水平線に対する傾斜角度が変更され、それによって加工工具の垂直線に対する傾斜角度が変更される。従来の曲がり歯かさ歯車加工装置においては、工具主軸が水平方向に延びる姿勢で工具主軸頭が設けられ、工作物主軸が工作物主軸台に水平方向に延びる姿勢で支持されるとともに、工作物主軸台が垂直線回りに旋回可能とされていた。工作物と加工工具との相対位置が予め定められた相対関係になるように、工作物主軸台が垂直線回りに旋回させられるようになっていたのである。そのため、工作物主軸台の下方に摺動部が配設されることとなり、その摺動面に切り屑等が落下することを避け得なかつた。それに対して、本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、旋回台がほぼ垂直

な面上を摺動して旋回するようにされているため、工作物に歯切加工が行われても、このほぼ垂直な面上に切り屑等が堆積するおそれはない。旋回台が摺動するほぼ垂直な面は、コラムに直接形成されても、コラムに支持された垂直方向移動部材、水平方向移動部材等に形成されてもよい。また、工具主軸頭は旋回台に固定されても、相対回転可能に保持させられてもよい。例えば、加工工具の垂直線に対する傾斜角度が大きい場合は旋回台を旋回させ、小さい場合は工具主軸頭を回転させるようにすることができる。なお、工具主軸傾斜角度変更装置は、加工工具傾斜角度変更装置と称することもできる。

(4) 前記工作物主軸台が、截頭円錐体を含む形状を成した(1)項ないし(3)項のいずれか1つに記載のかさ歯車等加工装置。截頭円錐体においては、横断面積が下方に向かうにつれて大きくなる。そのため、歯切加工が、工作物主軸台の上方において行われるが、生じた切り屑等は、工作物主軸台の側面に沿って下方に落下させられる。工作物主軸台は、全体が截頭円錐体状を成したものとしたり、截頭円錐体部と円筒部とが軸方向に交互に配設された形状を成したものとしたりすることができる。後者の截頭円錐体部と円筒部とが軸方向に配設された場合には、上方に面した水平面が形成されないように配設することが望ましい。上方水平面を有する場合には、その上方水平面に切り屑等が堆積するが、上方水平面を有しない場合には、ベッド上に落下するからである。

(5) 当該かさ歯車等加工装置が、前記工具主軸頭を、前記加工工具と工作物とが接触する加工領域と、加工工具と工作物とが離間する退避領域との間で移動可能な割出用工具移動装置と、前記工具主軸頭を、前記加工領域において、歯切開始位置から歯切終了位置まで、加工工具と工作物との相対位置を予め定められた関係に保ちつつ移動可能な歯切用工具移動装置と、それら割出用工具移動装置と歯切用工具移動装置とを制御することにより、一歯形成後に、工具主軸頭を、前記加工領域から退避領域まで移動させた後、加工領域における歯切開始位置まで移動させる工具移動装置制御装置とを含む(1)項ないし(4)項のいずれか1つに記載のかさ歯車等加工装置（請求項2）。本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、工作物の割出しごとに加工工具と工作物とが離間させられる。前述のように、従来の同種のまがり歯かさ歯車加工装置においては、一歯形成後に、工作物主軸台が移動させられるようになっていたが、本項に記載のかさ歯車等加工装置においては、工具主軸頭が移動させられる。そのため、工作物主軸台の下方には摺動部は設けられず、その上に切り屑等が堆積することはない。ここで、工具移動装置制御装置は、一歯形成後に、割出用工具移動装置を制御することにより、工具主軸頭を加工領域から退避領域まで移動させるのであるが、その後、工具主軸頭を、加工領域における歯切開始位置まで移動

させる場合には、工具主軸頭が退避領域にある状態において、歯切用工具移動装置の制御により歯切開始位置まで移動させた後、割出用工具移動装置の制御により加工領域まで移動させても、歯切用工具移動装置と割出用工具移動装置との両方の制御により、歯切開始位置まで戻しつつ加工領域まで移動させてもよい。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下、請求項1、2に共通の一実施形態であるかさ歯車等加工装置としてのまがり歯かさ歯車加工装置について図面に基づいて詳細に説明する。図1、2において、10はベッドであり、ベッド10上には、工作物ユニット12および工具ユニット14が設けられている。工作物ユニット12は、工作物主軸18、この工作物主軸18を支持する工作物主軸台20、工作物主軸18を回転させる駆動モータ22等を含むものである。工作物主軸台20は、ベッド10に相対移動不能に設けられている。すなわち、固定されているのである。工作物主軸台20には、工作物主軸18が垂直方向に伸びた姿勢で、それの軸線回りに相対回転可能に支持されており、工作物（ワーク）が、軸線が垂直方向に伸びた姿勢で保持されることになる。また、工作物主軸台20は、図に示すように、外形が截頭円錐体と円筒体とが軸方向に交互に配設された形状をしたものであり、上方に面した上方水平面が設けられていない。そのため、工作物主軸18に保持された工作物に歯切加工が施された場合に生じた切り屑等は、側面に沿ってベッド上に落下させられる。

【0009】工具ユニット14は、ベッド10に固定された長手方向（Z軸方向）に伸びるガイドレール30、ガイドレール30に沿って移動可能なZ軸送り台32、Z軸送り台32に取り付けられたコラム34等を含むものである。Z軸送り台32はZ軸モータ35の駆動により移動可能とされている。コラム34の側面（工作物主軸台20側の垂直面）には、垂直方向（Y軸方向）に伸びるガイドレール36が固定され、ガイドレール36には、Y軸送り台38が取り付けられている。Y軸送り台38は、Y軸モータ40の駆動により移動可能とされている。Y軸送り台38の垂直面には、X軸方向（ベッド10の幅方向）に伸びるガイドレール42が設けられ、このガイドレール42にX軸送り台44が取り付けられている。X軸送り台44は、X軸モータ46の駆動により移動可能とされている。

【0010】X軸送り台44には、工具主軸50を含む工具主軸頭52が水平線に対して傾斜可能に取り付けられており、工具主軸頭52には、その軸線回りに相対回転可能に工具主軸50が支持されている。X軸送り台44の垂直方向に伸びた垂直面には旋回台54がZ軸回りに相対回転可能に取り付けられており、この旋回台54に、工具主軸頭52が固定されているのである。本実施形態においては、旋回台54に主軸頭保持部が設けら

れていますのである。その結果、工具主軸頭52は、X軸に対する傾斜角度が変更可能とされる。旋回台54は、旋回モータ56の駆動によりZ軸回りに回転させられ、工具主軸50は、駆動モータ58の駆動により回転せられる。工具主軸50には、加工工具60が保持されるが、本実施形態における加工工具60は、正面フライスである。

【0011】このように、工具主軸頭52が、ベッド10に対して、X、Y、Z軸方向に相対移動可能、かつ、水平線に対する傾斜角度が変更可能に設けられる。それに対して、工作物主軸台20はベッド10に固定されている。工作物主軸18に保持された工作物は、回転は可能であるが、水平方向にも垂直方向にも移動不能なのである。したがって、まがり歯かさ歯車の歯切加工時には、工作物主軸18に保持された工作物の回転と、工具主軸50に保持された加工工具60の回転、水平方向移動、垂直方向移動とによって、工作物と加工工具60とが相対運動させられ、工作物に歯切加工が施されることになる。本まがり歯かさ歯車加工装置には、歯切加工制御装置64が設けられている。歯切加工制御装置64の入力部には上述の各電動モータ22および35、40、46、56の回転数を検出するエンコーダが接続され、出力部には、上記各電動モータ22、35、40、46、56および58等が駆動回路を介して接続されている。上記各エンコーダからの出力信号に基づいて工具主軸頭52のX、Y、Z軸方向における位置、X軸に対する傾斜角度や、工作物の相対位相が取得され、これらに基づいて各電動モータの作動状態が制御される。また、電動モータ58の制御により、加工工具60の自転が制御される。

【0012】以上のように構成されたまがり歯かさ歯車加工装置において、歯切り加工が行われる場合について説明する。まず、図3に示すように、加工が行われる工作物としての歯車（ピニオン）70とそのピニオン70と噛み合う歯車（ギヤ）72とに基づいて、これらピニオン70、ギヤ72にそれぞれ噛み合う一対の仮想歯車としての一対の冠歯車74、76を想定する。本まがり歯かさ歯車加工装置においては、仮想歯車としては冠歯車が使用される。図3（a）に示すように、ピニオン70のピッチ円錐の頂点Oとギヤ72のピッチ円錐の頂点O'が一致し、仮想冠歯車74、76の軸線L、L'がこの頂点Oと交差する。

【0013】次に、段取りが行われる。ピニオン70は、図4（a）に示すように、その軸線が垂直方向（Y軸方向）に伸びた状態で、工作物主軸18に保持される。この状態において、図3（b）に示すように、工具主軸50がピニオン70のピッチ母線と直交する状態となるように旋回台54が旋回させられる。旋回台54の旋回角は、図5に示すように、垂直線が基準であり、旋回角が0°の場合に工具主軸頭52は水平線（X軸

線)と平行な姿勢となる。本実施形態においては、旋回角が角度 $\theta$ であるため、工具主軸頭52は水平線に対して角度 $\theta$ 傾斜させられることになる。この状態において、工具主軸頭52が加工領域まで移動させられれば、加工工具60の切刃80がピニオン70の正対するピッチ母線の一点において接触させられることになる。本実施形態においては、工具主軸頭52がX軸方向に移動させられることにより、加工領域と退避領域とに移動せられる。退避領域においては、加工工具60とピニオン70とが離間する状態にある。

【0014】歯切加工においては、工具主軸50は回転させられつつ、図5に示すように、工具主軸頭52(加工工具60の中心P)が仮想冠歯車74の軸線lを中心とした半径Rの円弧に沿って歯切開始位置から歯切終了位置まで移動させられる。加工工具60は、自転させられつつ公転させられるのである。工具主軸頭52が歯切開始位置から歯切終了位置まで移動させられる間、工作物主軸18に保持された工作物は、ピニオン70の歯数とギヤ72の歯数に基づいて決定される角度だけ回転させられる。工作物の回転と工具主軸頭62の公転とは同期して行われる。これら加工工具60の自転および公転と、ピニオン70の回転とによって、ピニオン70に1つの歯が形成されるのである。

【0015】工具主軸頭52の歯切開始位置から歯切終了位置までの移動、すなわち、公転について、図4(b), 図5に基づいて説明する。切刃80は、加工工具60の中心Pから半径Rcの円周に沿って設けられている。図5に示すように、角度 $\theta$ は、工具主軸50の水平線に対する傾斜角度であり、この状態において、各電動モータ35, 40, 46の制御により、加工工具60の中心Pが、仮想冠歯車74の軸線lを中心とした半径Rの円弧上を歯切開始位置から歯切終了位置にいたるまで、工具主軸頭52の移動により移動させられる。また、この加工工具60の移動により、切刃80が、図4(b)に示す軌跡に沿って移動させられる。この図は、ピニオン70を、頂点Oの回りに90°回転させた状態を示す図である。加工工具60の中心P(工具主軸50の位置Pと同じ)が、Z軸方向(OO')から角度 $\theta_a$ 隔たった点a(歯切開始位置)に位置する場合には、切刃80は、ピニオン70上の点a'に位置し、角度 $\theta_c$ 隔たった点c(歯切終了位置)に位置する場合には、ピニオン70上の点c'に位置することになる。点aと点cとの中间の点bに位置する場合には、ピニオン70上の点b'に位置することになる。このように、加工工具60が、点Oを含む軸線lの回りに、自転させられつつ角度( $\theta_a - \theta_c$ )だけ公転させられる間、ピニオン70が上述の歯数比に基づいた角度だけ回転させられることによって、1つの歯が形成されるのである。

【0016】ここで、加工工具60の中心Pの歯切終了位置cの座標(X, Y, Z)は、上述の角度 $\theta_a$ ,  $\theta_c$

、旋回台54の旋回角 $\theta$ 、歯切開始位置の座標(x, y, z)とした場合には、下記の式で表される。

$$X = R \times (\sin \theta_a - \sin \theta_c) \times \sin \theta + x$$

$$Y = R \times (\sin \theta_a - \sin \theta_c) \times \cos \theta + y$$

$$Z = R \times (\cos \theta_a - \cos \theta_c) + z$$

この式において、角度 $\theta_c$ の値を角度 $\theta_a$ ,  $\theta_c$ の中間の値とすれば、加工工具60の歯切開始位置と歯切終了位置との中間の任意の位置の座標を求めることができる。そのため、各電動モータ35, 40, 46を制御すれば、加工工具60の中心Pをこの座標によって表される軌跡に沿って移動させることができる。

【0017】前述のギヤ72に歯切加工を施す場合には、工作物主軸18に保持されたギヤ72と工具主軸50に保持される加工工具60との相対位置を、図3(c)に示す関係とし、加工工具60の中心Pを仮想冠歯車76の頂点Oを含む軸線l'回りに自転させながら公転させる。この場合には、旋回台54の旋回角度は、ピニオン70に歯切加工を施す場合とは異なる。

【0018】以上のように、本実施形態に係るまがり歯かさ歯車加工装置においては、ピニオン70やギヤ72等の工作物が垂直線方向に延びた工作物主軸18に支持されているため、工作物主軸台20の上部において行われる。しかし、工作物主軸台20はベッド10に固定されているため、工作物主軸台20の移動を案内させるためのガイドレール等の摺動部が工作物の下方にない。そのため、工作物に歯切加工が行われても、歯切加工時に生じる切り屑等が摺動部に落下することがなく、切り屑等に起因して工作物主軸台20の移動が妨げられるおそれもない。ベッド上に落下した切り屑等を除去する作業は、それほど頻繁に行う必要はなく、切り屑除去作業の頻度を低減し得る。また、工作物主軸台20の外形が、截頭円錐体と円筒体とを含む形状を成しているため、工作物の歯切加工時に生じた切り屑等は工作物主軸台20の側面に沿って下方へ落下させることができる。さらに、工具ユニット14に設けられたガイドレール30等の工具側摺動部には殆ど切り屑等は落下しないため、これらを除去する作業は殆ど必要ない。また、工具ユニット14に設けられている工具側摺動部については、カバーで覆う場合においても、工作物の歯切加工に邪魔にならないよう覆うことが可能である。

【0019】以上のように、本実施形態においては、ガイドレール42, X軸送り台44およびX軸モータ46等により割出用工具移動装置が構成され、ガイドレール30, 36, 42, X, Y, Z軸送り台32, 38, 44および各電動モータ35, 40, 46等により歯切用工具移動装置が構成される。また、歯切加工制御装置64の割出し時、歯切加工時に各電動モータ35, 40, 46等を制御する部分等により工具移動装置制御装置が構成される。

【0020】なお、上記実施形態におけるまがり歯かさ

11

歯車加工装置においては、仮想歯車として冠歯車が使用されていたが、かさ歯車を使用してもよい。その場合には、歯切加工中において、工具主軸50と工作物のピッチ母線とが直交する状態に保たれるように、旋回台54の旋回角θも制御されるようにすればよい。このように、歯切加工制御装置64による制御の態様については上記実施形態における態様に限らず、他の態様としてもよい。

【0021】また、上記まがり歯かさ歯車加工装置においては、一歯ずつ歫切りが行われていたが、加工工具60としてホブ等を使用すれば、すべての歫を連続して形成することができる。連続して歫が形成されれば、一歫形成毎に工具主軸頭52を退避位置まで移動させる必要はないが、段取り時には、加工工具60と工作物との相対位置が予め定められた相対関係となるように、移動させる必要がある。この場合においても、本項に記載のまがり歯かさ歯車加工装置におけるように工作物主軸台が固定され、工具主軸が移動させられるようすれば、工作物主軸台20の下方には摺動部が設けられないことになるため、切り屑等の除去作業の頻度を少なくし得る。

【0022】さらに、図6に示すように、工作物主軸100を工作物主軸台102に垂直線に対して傾斜可能に支持させてよい。工作物主軸台102の中央部には垂直方向に延びる貫通孔が形成され、その貫通孔には、駆動モータ104の出力軸に連結された駆動軸106が相対回転可能に配設されている。工作物主軸台102の上端部には、上記貫通孔より大径の円形穴108が形成され、この円形穴108に工作物主軸保持部材109が相対回転可能に配設されている。工作物主軸保持部材109には工作物主軸100が相対回転可能に支持されている。工作物主軸100においては、工作物が中心線M回りに保持されることになる。工作物主軸台102の円形穴108の外縁部にはフランジ112が設けられている。このフランジ112は、水平面に対して傾斜して形成されている。それに対向して、工作物主軸保持部材109に形成されたフランジ114も水平面に対して傾斜させられている。工作物主軸保持部材109のフランジ114が工作物主軸台102のフランジ112に係合させられることにより、工作物主軸保持部材109が工作物主軸台102の円形穴108の内周側に嵌合されるのである。工作物主軸保持部材109の外周面115およびフランジ114の下面116が、工作物主軸台102に設けられた円形穴108の内周面117およびフランジ112の上面118にそれぞれ係合させられるのである。上述の工作物主軸100の軸線Mは、フランジ112の円周によって形成されるフランジ面に対して直交する方向ではなく、フランジ面と直交する法線Nに対して傾斜する方向に延ばされている。なお、外周面115と内周面117とが係合させられることにより、工作物主軸保持部材109のフランジ面とほぼ平行な方向への移

12

動が阻止される。

【0023】前記駆動軸106の先端部には、伝達歯車122が駆動軸106と一緒に回転可能に設けられている。また、工作物主軸100の基端部にも、伝達歯車124が工作物主軸100と一緒に回転可能に設けられている。さらに、工作物主軸保持部材109と工作物主軸台102との間には、変位軸126（軸線Nで示すが、軸線Nは前述のフランジ面の法線と同じ方向に延びる線である）がそれぞれに対して相対回転可能に設けられている。変位軸126には、伝達歯車122と噛合した伝達歯車128と、伝達歯車124と噛合した伝達歯車130とが一緒に回転可能に取り付けられている。したがって、図6に示す状態において、駆動軸106が駆動モータ104によって回転させられれば、伝達歯車122、128、130、124を介して、その回転が工作物主軸100に伝達される。また、工作物主軸保持部材109を軸線Nの回りに回転させれば、伝達歯車124が伝達歯車130の回りを回転させられ、工作物主軸100を垂直線に対して傾斜させることができる。工作物主軸100の垂直線に対する傾斜角度を変更することができ、工作物のピッチ母線の垂直線に対する傾斜角度を変更することができる。工作物主軸保持部材109は、工作物主軸台100の任意の相対位置において図示しない固定装置によって固定される。図7には、工作物主軸保持部材109を軸線Nの回りに180°回転させた状態を示す。この状態において、工作物主軸100（軸線M）は、垂直線に対して角度2θ傾斜させられることになる。この状態においても、駆動軸106の回転は、伝達歯車122、128、130、124を介して、工作物主軸100に伝達させられる。これら伝達歯車122、124、128、130等を伝達装置132と称することができる。

【0024】本態様におけるまがり歯かさ歯車加工装置においては、工作物主軸保持部材109のフランジ114の下面116によって、工作物主軸台102のフランジ112の上面118全体が覆われ、工作物主軸保持部材109が工作物主軸台102に対して相対回転させられても、その状態が保たれるため、工作物主軸100を傾斜させるための摺動部が工作物の下方において露出させられることがない。そのため、傾斜可能に設けても、切り屑除去作業の頻度を低減させることができるのである。フランジ114の下面116とフランジ112の上面118とは、形状および大きさが同じなのである。また、工作物主軸100を垂直線に対して傾斜させることができるために、工具主軸50を水平線に対して傾斜可能に設ける必要がなくなるという利点がある。本態様においては、第一案内面がフランジ112の上面118とされ、第二案内面が円形穴108の内周面117とされ、これら上面118および内周面117によって案内部が構成される。また、第一摺動面がフランジ114の下面

13

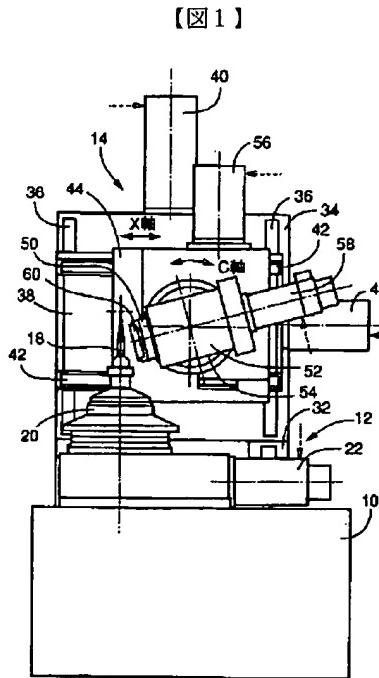
116とされ、第二摺動面が工作物主軸保持部材109の外周面115とされ、これら下面116および外周面115によって被案内部が構成される。

【0025】なお、上記実施形態においてフランジ12, 114をそれぞれ水平面と平行に形成してもよい。この場合には、変位軸線Nが垂直方向に延びることになり、工作物主軸線Mが、垂直線N回りに一定の傾斜角度を保った状態で回転させられることになる。本実施形態においては、工作物主軸保持部材の工作物主軸台に対する相対回転により、工作物主軸線Mの垂直線Nに対する傾斜方向が変更させられることになるため、工作物主軸100に保持された工作物のピッチ母線の垂直線に対する傾斜角度を変更することが可能となる。また、上記各実施形態においては、本発明がまがり歯かさ歯車加工装置に適用されたが、その他の歯車、例えば、ゼロールペベルギヤ、クラウンギヤの加工装置等にも適用することができる。さらに、ハイポイドギヤの加工装置にも適用することができる。

【0026】その他、いちいち例示することはしないが、特許請求の範囲を逸脱することなく当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した態様で本発明を実施することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であるまがり歯かさ歯車加工装置の側面図である。



14

【図2】上記まがり歯かさ歯車加工装置の正面図である。

【図3】上記まがり歯かさ歯車加工装置において歯切加工が行われるビニオン、ギヤおよび仮想冠歯車の相対位置を示す図である。

【図4】上記まがり歯かさ歯車加工装置において歯切加工が行われる場合の工作物と加工工具との相対位置を示す図である。

【図5】上記まがり歯かさ歯車加工装置において歯切加工が行われる場合の加工工具の移動軌跡を示す図である。

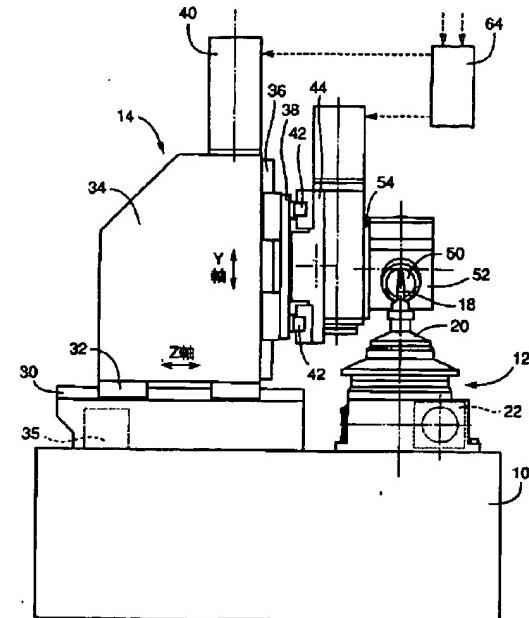
【図6】本発明の別の一実施形態であるまがり歯かさ歯車加工装置の工作物主軸台の先端部付近の断面図である。

【図7】上記工作物主軸台において、工作物主軸を傾斜させた状態を示す断面図である。

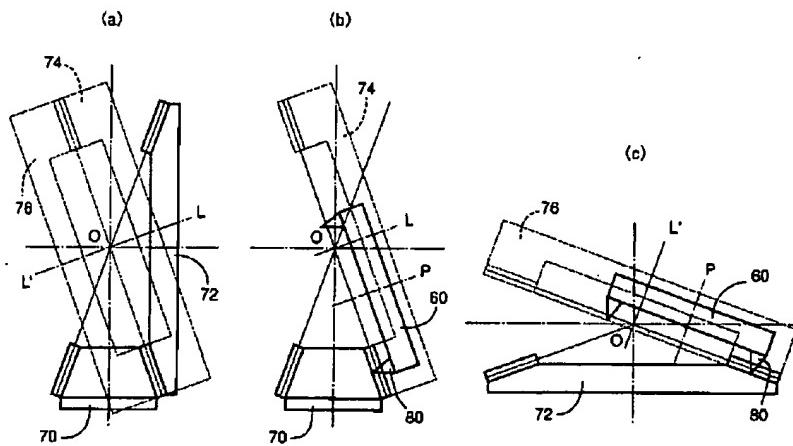
#### 【符号の説明】

- |            |        |
|------------|--------|
| 18, 100    | 工作物主軸  |
| 20, 102    | 工作物主軸台 |
| 35, 40, 46 | 電動モータ  |
| 30, 36, 42 | ガイドレール |
| 32, 38, 44 | 送り台    |
| 50         | 工具主軸   |
| 52         | 工具主軸頭  |
| 56         | 電動モータ  |

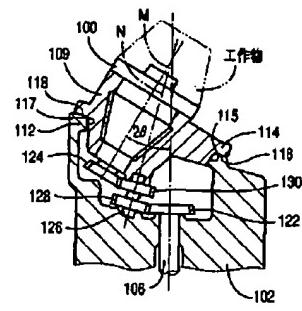
【図2】



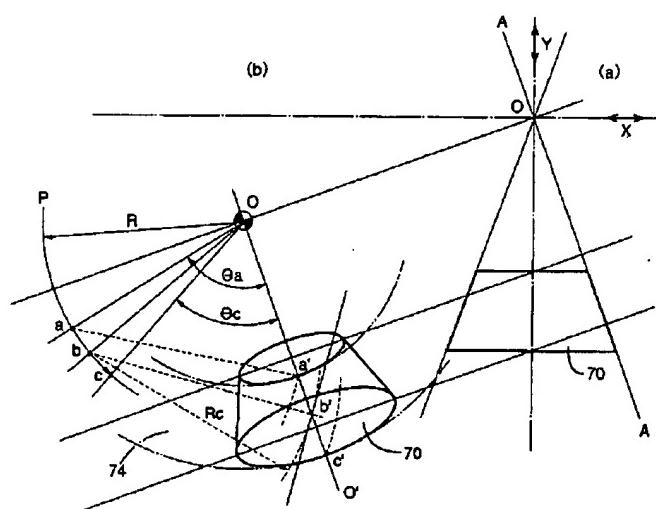
【図3】



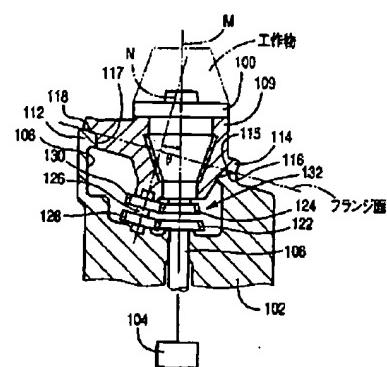
【図7】



【図4】



【図6】



【図5】

